

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 8 年 1 2 月 1 7 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 0 年 特 許 願 第 3 5 8 5 4 9 号

出 願 人

Applicant (s):

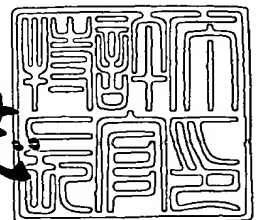
豊田合成株式会社

RECEIVED
JAN 10 2001
TECHNOLOGY CENTER 2800

1 9 9 9 年 5 月 2 1 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

伴 佐 山 建 志



出 証 番 号 出 証 特 平 1 1 - 3 0 3 2 9 8 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 P98111TG

【提出日】 平成10年12月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明の名称】 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 上村 俊也

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 堀内 茂美

【特許出願人】

 【識別番号】 000241463

 【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

 【代表者】 堀籠 登喜雄

【代理人】

 【識別番号】 100087723

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 藤谷 修

 【電話番号】 052-363-2558

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007445

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

特平 1 0 - 3 5 8 5 4 9

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005344

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にIII族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子であって、p型半導体層上にその大部分を覆うよう形成された、光を前記基板側へ反射する多重厚膜正電極を有するIII族窒化物系化合物半導体発光素子において、

前記多重厚膜正電極の前記p型半導体層に接する第1金属層をロジウム(Rh)、白金(Pt)、又は、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成したことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第1金属層の膜厚が0.01~5 μm であることを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記第1金属層の上に金(Au)から成る第2金属層を形成したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記第2金属層の膜厚が0.1~5 μm であることを特徴とする請求項3に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記第2金属層の上にチタン(Ti)又はクロム(Cr)から成る第3金属層を形成したことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記第3金属層の膜厚が5~1000 \AA であることを特徴とする請求項5に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板上にIII族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子に関し、特に高光度で、駆動電圧の低いフリップチップ型の発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

図5に、フリップチップ型の発光素子910の断面図を示す。101はサファイヤ基板、102はAlNバッファ層、103はn型のGaN層、104は発光層、105はp型のAlGaN層、106はp型のGaN層、191は正電極、130は保護膜、140は負電極である。また、p型層106に接続されている厚膜の正電極191は、従来例えば、ニッケル(Ni)又はコバルト(Co)より成る膜厚3000Åの金属層により形成されている。

【0003】

また、透過性の金属薄膜電極とパッド電極を正電極とする発光素子920の断面図を図6に示す。III族窒化物系半導体の積層構造は図5の発光素子910と同様であるが、透光性の金属薄膜電極192、パッド電極193を正電極としている。図6の発光素子920は金属薄膜電極192が透光性であるため、フリップチップ型の発光素子とするためには発光素子を覆う外部部材により、金属薄膜電極192を透過した光を所望の方向に反射する必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

図5のフリップチップ型の発光素子910においては、発光層104より放出された光をサファイヤ基板101の側に十分に反射させるために、通常フリップチップ型の正電極120には厚膜の金属電極を用いる。しかし、従来技術においては、この厚膜の正電極120にニッケル(Ni)やコバルト(Co)などの金属が用いられていたため、波長が380nm~550nm(青紫、青、緑)の可視光の反射量が十分ではなく、発光素子として十分な発光強度が確保できていなかった。また、図6の発光素子920は、金属薄膜電極192に少なからず光が吸収され、発光素子としての効率が好ましくなかった。

【0005】

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、高光度かつ高耐久性の発光素子を提供することである。また、他の目的は、高反射率かつ高耐久性の厚膜電極を形成することにより、発光素子の電極部分の構成を簡略化し、ワイヤボンディングの不要な発光素子を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

即ち、第1の手段は、基板上にIII族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子であって、p型半導体層上にその大部分を覆うよう形成された、光を基板側へ反射する多重厚膜正電極を有するIII族窒化物系化合物半導体発光素子において、p型半導体層に接する第1金属層をロジウム(Rh)、白金(Pt)、又は、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成したことを特徴とする。

【0007】

また、第2の手段は、第1の手段において、第1金属層の膜厚が $0.01\sim 5\mu\text{m}$ であることを特徴とする。第1金属層の膜厚は望ましくは $0.02\sim 2\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.05\sim 1\mu\text{m}$ である。

【0008】

また、第3の手段は、上記のような第1金属層の上に金(Au)から成る第2金属層を形成したことを特徴とする。また、第4の手段は第2金属層の膜厚が $0.1\sim 5\mu\text{m}$ であることを特徴とする。第2金属層の膜厚は望ましくは $0.2\sim 3\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.5\sim 2\mu\text{m}$ である。

【0009】

また、第5の手段は、上記のような第2金属層の上にチタン(Ti)又はクロム(Cr)から成る第3金属層を形成したことを特徴とする。更に、第6の手段は第3金属層の膜厚が $5\sim 1000\text{\AA}$ であることを特徴とする。第3金属層の膜厚は望ましくは $10\sim 500\text{\AA}$ であり、より望ましくは $15\sim 100\text{\AA}$ である。

以上の手段により、上記の課題を解決することができる。

【0010】

【作用および発明の効果】

ロジウム(Rh)及び白金(Pt)は、波長が $380\text{nm}\sim 550\text{nm}$ （青紫、青、緑）の可視光に対する光の反射率 R が非常に大きい金属（ $0.6 < R < 1.0$ ）であるため、これらの金属、又は、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金を、多重厚膜正

電極の p 層に接する第 1 金属層として用いることにより、これらの可視光の電極による反射量を十分大きくすることができ、よって、発光素子として十分な発光強度を確保することができるようになる。

【0011】

また、上記の金属又は合金は、仕事関数が高い等の理由により、p 型半導体層との接触抵抗が小さいので、これらの金属を用いれば、同時に低駆動電圧の発光素子を実現することができる。また、上記の金属は、貴金属若しくは白金族元素であるため、これらの金属を用いれば、水分等に対する耐蝕性が良好となり、信頼性の高い電極を形成することができるという効果も同時に得られる。

【0012】

この第 1 金属層の膜厚は、 $0.01\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下が良い。この膜厚を $0.01\mu\text{m}$ 以下にすると膜厚が薄すぎて、反射されない透過光を生じ、この膜厚を $5\mu\text{m}$ 以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなり、好ましくない。

【0013】

また、金(Au)から成る第 2 金属層を設けることにより、正電極の抵抗値を上げることなく厚膜正電極とすることができる。また、金(Au)はロジウム(Rh)又は白金(Pt)程ではないものの、光の反射率 R が大きい金属であるので、この点でも第 1 金属層の働きを補うことができる。この第 2 金属層の膜厚は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。 $0.1\mu\text{m}$ 以下にすると膜厚が薄すぎて効果が薄く、この膜厚を $5\mu\text{m}$ 以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなり、また、後述する加工工程における都合により負電極の膜厚も不必要に厚くすることになり、好ましくない。

【0014】

また、チタン(Ti)又はクロム(Cr)から成る第 3 金属層を設けることにより、基板面の反対側に並ぶ正電極と負電極との間に、例えば酸化珪素膜(SiO_2)、窒化珪素膜(SiN_x)、或いはポリイミドから成る絶縁層を設けた際、絶縁層の正電極からの剥離を抑えることができる。これにより、後述する加工工程におけるバンプを形成する際にバンプ材により短絡が発生することを防ぐことができる。この第 3 薄膜金属層の膜厚は、 5\AA 以上、 1000\AA 以下が良い。この膜厚を 5\AA 以下にすると

、膜厚が薄すぎて絶縁層との強固な密着性を得ることができず、1000Å以上にするとバンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着性を得ることができなくなるため、好ましくない。

【0015】

以上のような構成により形成された多重厚膜正電極は、光の反射率が高く、水分等の浸入に対しても耐久性が高いので、保護層を簡略化でき、結果ワイヤボンディングを使用しないで外部電極と接続することも可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

【0017】

(第1実施例)

図1に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の模式的断面図を示す。サファイヤ基板101の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約200Åのバッファ層102が設けられ、その上にシリコン(Si)ドーパのGaNから成る膜厚約4.0μmの高キャリア濃度 n^+ 層103が形成されている。そして、層103の上にGaNと $\text{Ga}_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{N}$ からなる多重量子井戸構造(MQW)の発光層104が形成されている。発光層104の上にはマグネシウム(Mg)ドーパの $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約600Åのp型層105が形成されている。さらに、p型層105の上にはマグネシウム(Mg)ドーパのGaNから成る膜厚約1500Åのp型層106が形成されている。

【0018】

また、p型層106の上には金属蒸着による多重厚膜電極120が、 n^+ 層103上には負電極140が形成されている。多重厚膜電極120は、p型層106に接合する第1金属層111、第1金属層111の上部に形成される第2金属層112、更に第2金属層112の上部に形成される第3金属層113の3層構造である。

【0019】

第1金属層111は、p型層106に接合する膜厚約 $0.3\mu\text{m}$ のロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る金属層である。また、第2金属層112は、膜厚約 $1.2\mu\text{m}$ の金(Au)より成る金属層である。また、第3金属層113は、膜厚約 30\AA のチタン(Ti)より成る金属層である。

【0020】

2層構造の負電極140は、膜厚約 175\AA のバナジウム(V)層141と、膜厚約 $1.8\mu\text{m}$ のアルミニウム(Al)層142とを高キャリア濃度 n^+ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。

【0021】

このように形成された多重厚膜正電極120と負電極140との間には SiO_2 膜より成る保護膜130が形成されている。保護層130は、負電極140を形成するために露出した n^+ 層103から、エッチングされて露出した、発光層104の側面、p型層105の側面、及びp型層106の側面及び上面の一部、第1金属層111、第2金属層112の側面、第3金属層113の上面の一部を覆っている。 SiO_2 膜より成る保護膜130の第3金属層113を覆う部分の厚さは $0.5\mu\text{m}$ である。

【0022】

上記のように、多重厚膜正電極120をロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る第1金属層、金(Au)より成る第2金属層、チタン(Ti)より成る第3金属層により構成した、発光素子100の発光光度を測定し、従来の発光素子910と比較した。結果を図2に示す。ここから、従来技術による発光素子910に比較し、本発明により約60%~90%発光光度を向上することができた。

【0023】

次に、発光素子100の発光光度の経時変化を測定し、従来の発光素子910と比較した。結果を図3に示す。ここから、従来技術による発光素子910が100時間後に初期発光光度の80%、1000時間後に初期発光光度の70%まで発光光度が低下するのに対し、本発明の発光素子100は100時間後に初期発光光度の95%、1000時間後に初期発光光度の90%の発光光度を保持することができた。即ち、本発明により、従来の発光素子910に比較し、著しく耐久性の向上した発

光素子とすることができた。

【0024】

(応用例)

このような構成のフリップチップ型発光素子 100 は、高い発光光度と高い耐久性を持ち合わせており、保護層 130 を大幅に省略でき、外部電極との接続に際し、正電極、負電極とも広い面積を使用することができる。図 4 に、本発明にかかる発光素子 100 の具体的な応用例である、発光素子 200 の平面図を示す。図 4 の発光素子 200 は、図 1 の発光素子 100 とほぼ同一の構成であり、同一の符号を記載した。発光素子 200 は、上面面積の 10% 以上を負電極、40% 以上を正電極とできるので、外部電極との接続はワイヤボンディングに限定されない。一例としては、ハンダ等によるバンプ形成、あるいは金ボールを直接正電極、負電極上に形成し、素子を反転させて回路基板に直接接続することができる。

【0025】

上記の実施例では、多重厚膜正電極 120 の膜厚は、約 $1.5\mu\text{m}$ であったが、多重厚膜正電極 120 の膜厚は、 $0.11\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下であれば良い。多重厚膜正電極 120 の膜厚が $0.11\mu\text{m}$ 未満だと、光を十分に反射することができなくなり、バンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、 $10\mu\text{m}$ を越えると、蒸着時間や材料が必要以上に掛かり生産コストの面で劣る。

【0026】

また、上記の実施例では、第 1 金属層の膜厚は、 $0.3\mu\text{m}$ であったが、第 1 金属層の膜厚は、 $0.01\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。第 1 金属層の膜厚は望ましくは $0.02\sim 2\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.05\sim 1\mu\text{m}$ である。第 1 金属層 111 は、薄過ぎると光の反射が不十分となり、厚過ぎると蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、生産コストの面で劣る。

【0027】

また、上記の実施例では、第 2 金属層の膜厚は、 $1.2\mu\text{m}$ であったが、第 2 金属層の膜厚は、 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。第 2 金属層 112 の膜厚は望ましくは $0.2\sim 3\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.5\sim 2\mu\text{m}$ である。第 2 金属層 112 は、薄過ぎると第 1 金属層 111 の光の反射を補えず、バンプ材や金ボール

等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、厚過ぎると負電極 140 のバランスをとる必要上、第 2 金属層 112 と負電極 140 の両方で蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、好ましくない。

【0028】

また、上記の実施例では、第 3 金属層の膜厚は、30Åであったが、第 3 金属層の膜厚は、5~1000Åであればその効果を発揮する。第 3 金属層 112 の膜厚は望ましくは 10~500Åであり、より望ましくは 15~100Åである。第 3 金属層 113 は、薄過ぎると保護層との密着性が悪くなり、厚過ぎると抵抗値が高くなり、好ましくない。

【0029】

また、上記の実施例では、第 3 金属層としてチタン(Ti)を使用した。第 3 金属層としてはクロム(Cr)を使用してもよい。

【0030】

また、上記の実施例における発光素子の各層の構成は、あくまでも各層を形成する際の物理的又は化学的構成であって、その後、より強固な密着性を得るために、あるいは、コンタクト抵抗の値を下げる等の目的で実施される例えば熱処理などのような物理的又は化学的処理によって各層間では、固溶あるいは化合物形成が起きていることは言うまでもない。

【0031】

なお、上記の実施例では、発光素子 100 の発光層 104 は MQW 構造としたが、SQW 構造やホモ接合構造でもよい。また、本発明の発光素子を形成する II I 族窒化物系化合物半導体層は、任意の混晶比の 4 元、3 元、2 元系の $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) としても良い。また、p 型不純物としては、マグネシウム(Mg)の他、ベリリウム(Be)、亜鉛(Zn)等の 2 族元素を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子 100 の模式的断面図。

【図 2】

フリップチップ型の半導体発光素子 100、910 の発光光度を示す表図。

【図 3】

フリップチップ型の半導体発光素子 100、910 の発光光度の経時変化を示す表図。

【図 4】

本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子 200 の平面図。

【図 5】

フリップチップ型の半導体発光素子 910 の模式的断面図。

【図 6】

透過性薄膜電極を有する発光素子 920 の模式的断面図。

【符号の説明】

101 … サファイヤ基板

102 … AlN から成るバッファ層

103 … GaN から成る n^+ 層

104 … 発光層

105 … AlGaIn から成る p 型層

106 … GaN から成る p 型層

111 … 第 1 金属層

112 … 第 2 金属層

113 … 第 3 金属層

120 … 多重厚膜正電極

130 … 保護膜

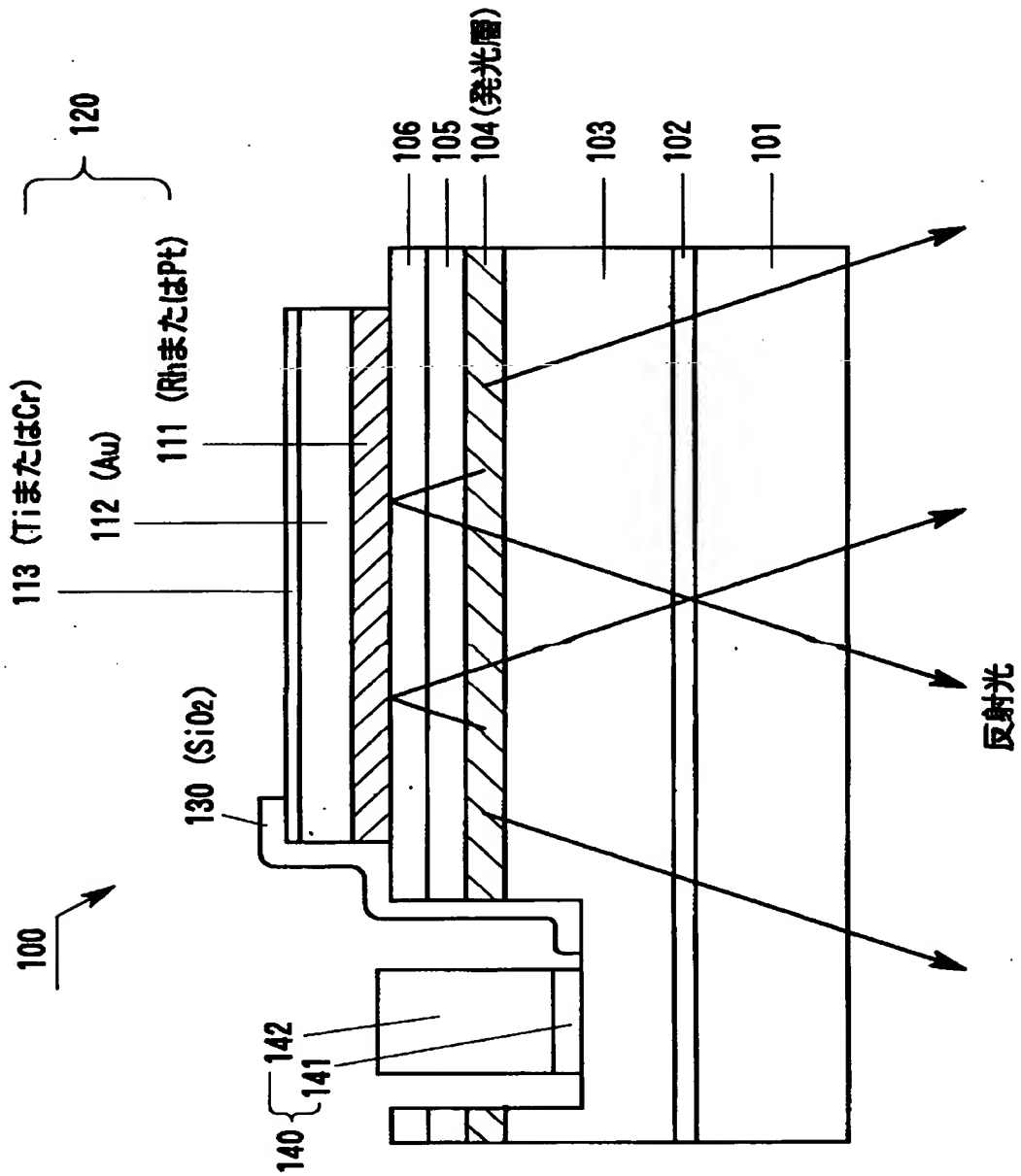
140 … 負電極

191、192、193 … 従来の発光素子の正電極を成す金属層

【書類名】

図面

【図 1】



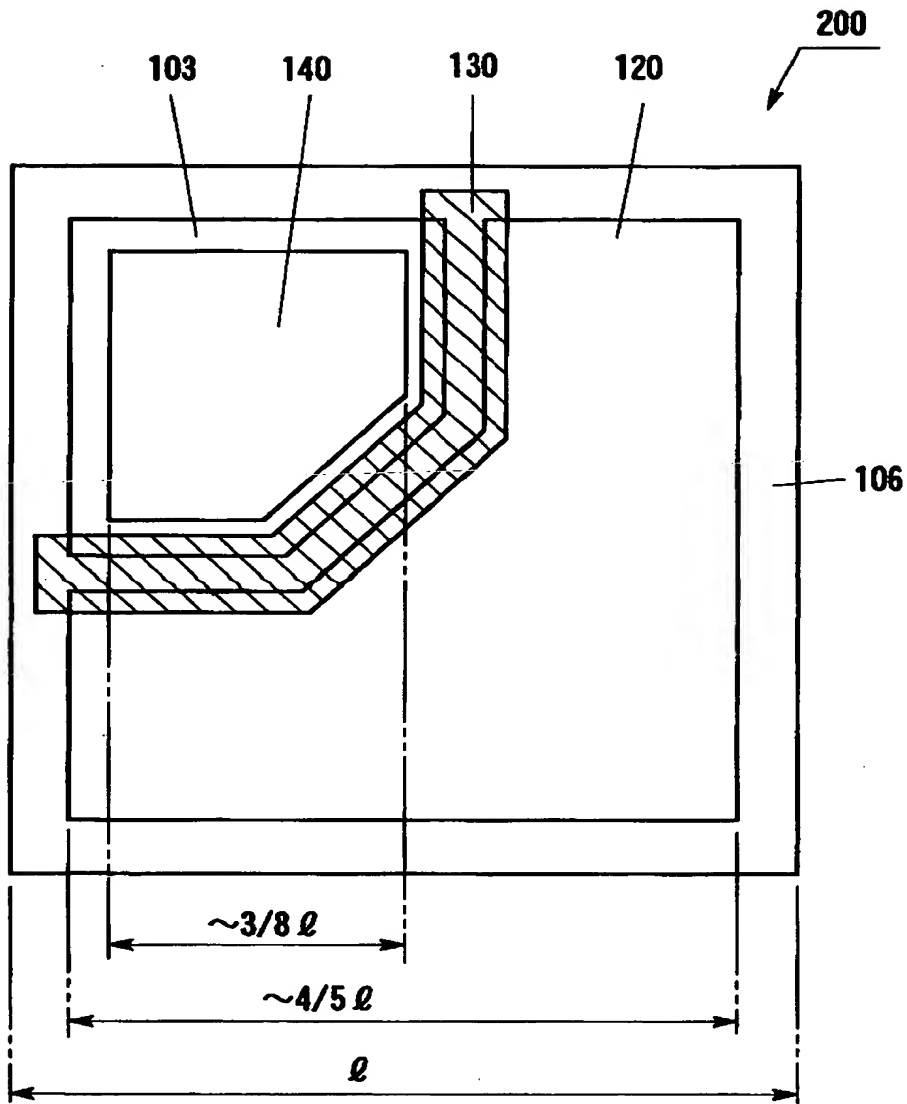
【図 2】

従来例		100
本発明	Pt	160
	Rh	190

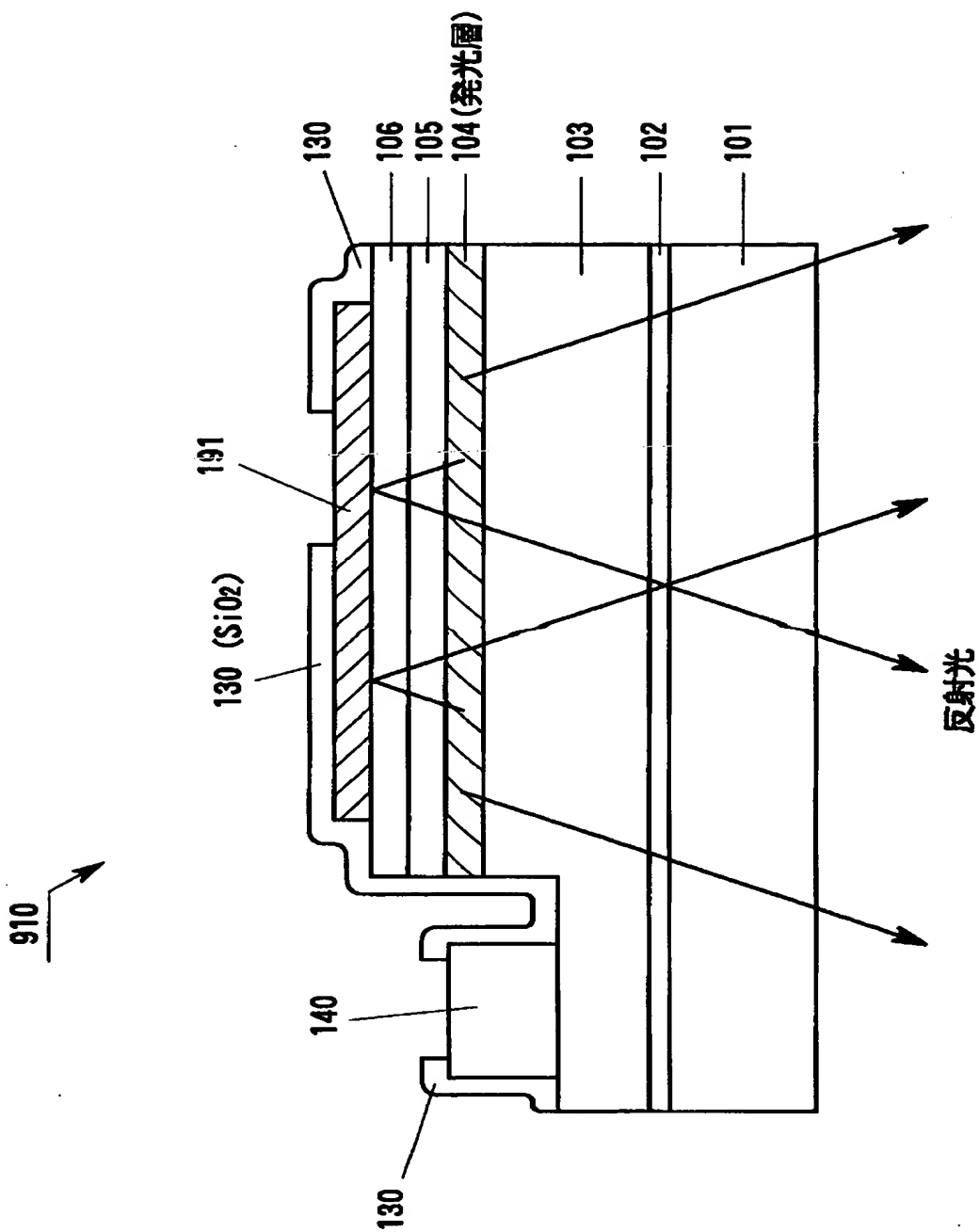
【図 3】

	初期光度	100h後	1000h後
従来例	100	80	70
本発明	100	95	90

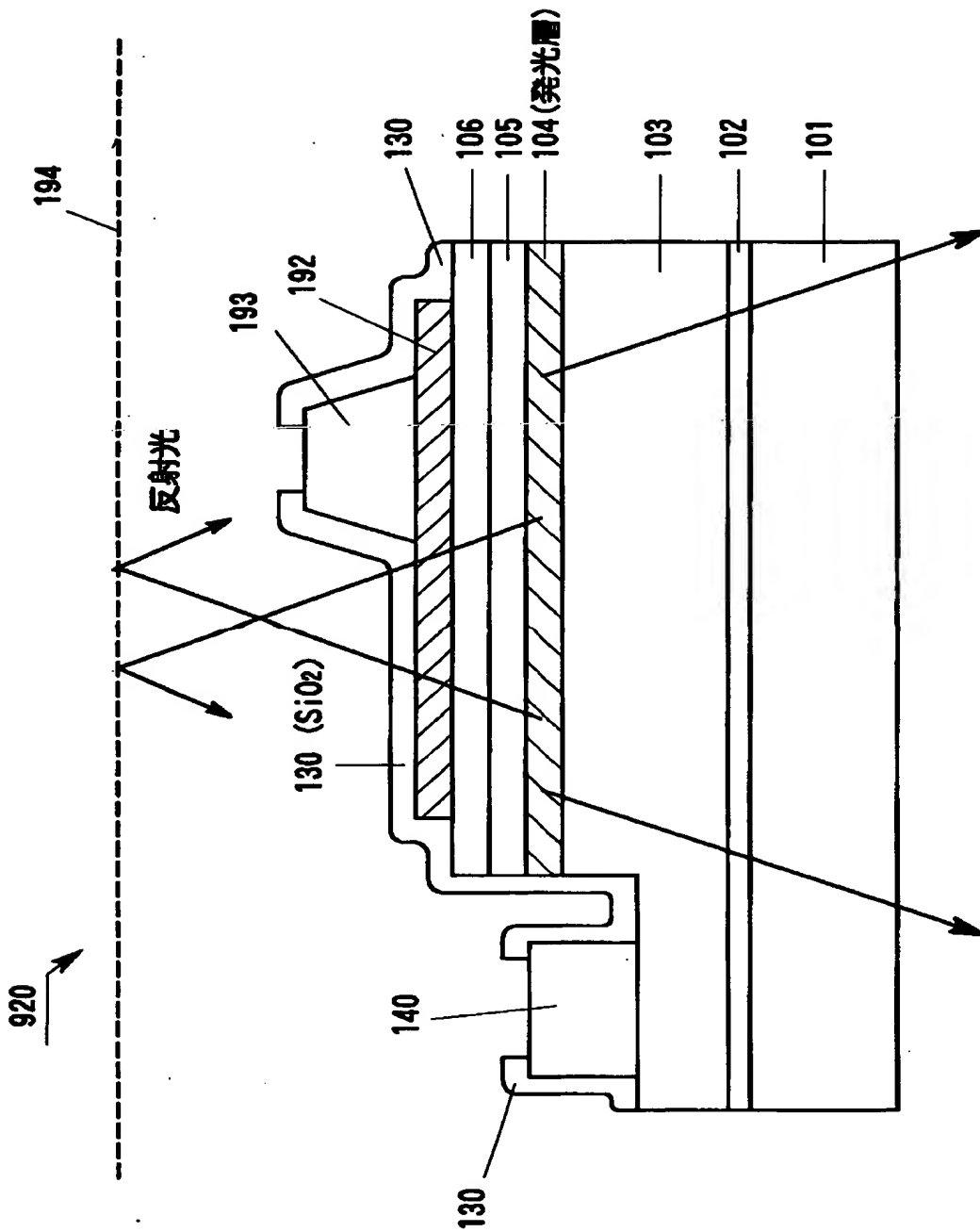
【図 4】



【图 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高光度かつ高耐久性の発光素子を提供し、且つ電極部分の構成を簡略化すること。

【解決手段】 フリップチップ型のIII族窒化物系化合物半導体発光素子において、p型半導体層に接続され、光をサファイア基板側へ反射する多重厚膜正電極120を、ロジウム(Rh)、白金(Pt)、または、これらの合金より成る第1金属層111、金(Au)から成る第2金属層112、チタン(Ti)又はクロム(Cr)から成る第3金属層113の構成とする。これにより、高反射率の正電極が得られる。この多重厚膜正電極120は、水分等の浸入があっても腐食されないため、耐久性に優れる。よって保護層130の覆う面積を小さくすることができるので、電極部分の構成を簡略化することができ、ワイヤボンディングの不要な発光素子を提供することができる。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100087723

【住所又は居所】 愛知県名古屋市中川区一柳通1丁目23番地 土屋

ビル3F 藤谷特許事務所

【氏名又は名称】 藤谷 修

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日	1990年 8月 9日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
氏 名	豊田合成株式会社